

課題名： 超高性能ポリマーエレクトレットを用いた次世代環境振動・熱発電システムの開発

氏名： 鈴木雄二

機関名： 東京大学

1. 研究の背景

環境発電は、環境に存在する希薄エネルギーを小電力に変換し、構造ヘルスマニタリングなどに用いられる無線センサ等に持続的に電源を供給しようとするものであり、近年注目が集まっている。「エレクトレット」は電荷を半永久的に固定させた絶縁体であり、環境に存在する低周波数振動からの発電に極めて有効であることが近年明らかにされている。しかし、エレクトレット膜中に電荷が保持される機構の解明やその機構に基づいた表面電荷密度の改善の試みはこれまでほとんどなく、また、環境発電への応用も十分な検討が行われてこなかった。また、熱発電に関しては、環境負荷の高い重金属が熱電素子として用いられることが多く、多数のノードを広く分散させて、必ずしも回収を前提としない無線センサなどの用途には向いていなかった。

2. 研究の目標

エレクトレット膜中の電荷局在機構解明と、それに基づく大幅な性能改善、耐液性の獲得を目指す。そして、環境振動、非定常温度変化からのマイクロ発電システムを構築するとともに、波力発電への適用可能性を明らかにする。

3. 研究の特色

3次元ナノ構造を内包させたポリマー材料を用いて、高電荷密度かつ液体中で動作可能な新しいエレクトレットを開発することにより、電磁誘導より高出力な静電誘導発電を目指す。また、MEMS技術を用いて振動発電デバイス、波力発電デバイスのプロトタイプを構築するとともに、温度変化から発電しBiTeなどの重金属を不要とする熱発電デバイスの構築を行う。

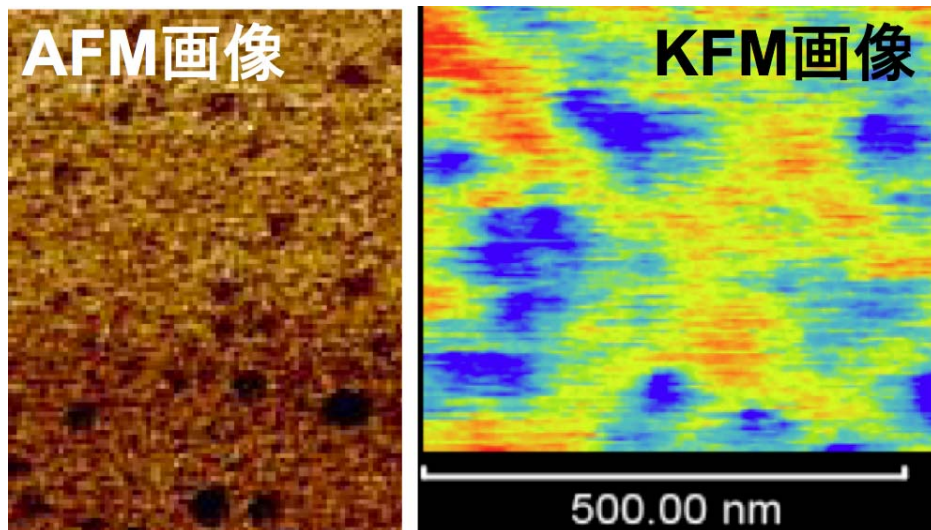
4. 将来的に期待される効果や応用分野

10年程度保守無しに橋や航空機などの構造物の健全性を監視する無線センサ用電源や体温を用いたウェアブルデバイス用電源への応用、電磁誘導発電の2倍以上の出力密度が得られる波力発電システムの実現により、直接・間接的な環境負荷低減への貢献が期待できる。

3次元構造を持つ超高性能エレクトレットの開発

高表面電荷密度をもたらす新しいエレクトレット材料, 高速かつ安定な荷電技術の開発, 耐液性の高い3次元エレクトレットの創成により, 従来にない超高性能エレクトレット材料の提案を目指す.

添加剤由来の, ポリマー末端基と結合したシリカ・ナノクラスタによる電荷のトラップ (Kashiwagi et al., 2010)

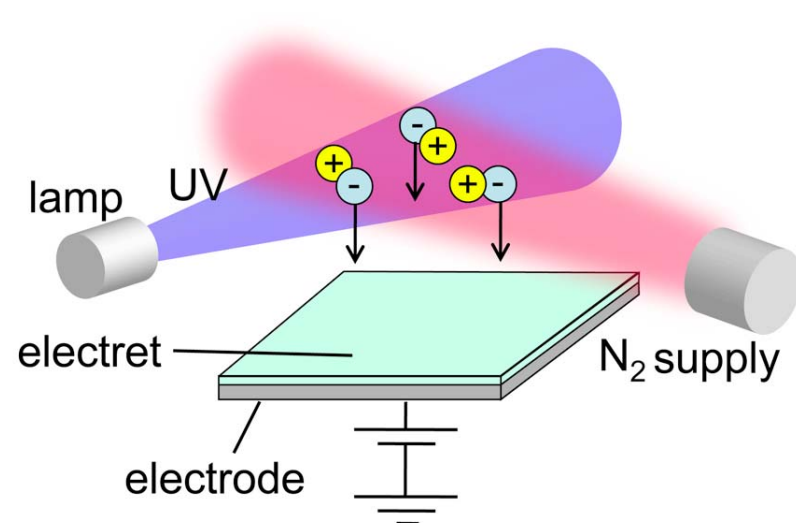


クラスタ形成・荷電機構の解明
→さらに高い表面電荷密度の指針

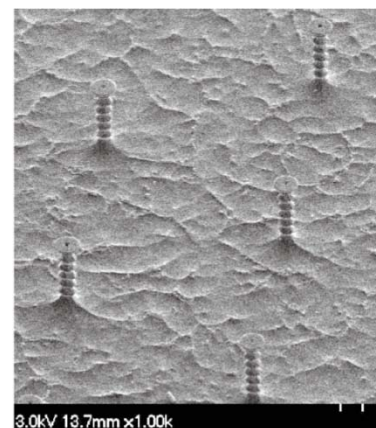
エレクトレットの電荷は液体で容易に中和(高誘電率化の障害)
→表面コーティング
→3次元ナノ構造 (Wu et al., 2010)

耐液性の高い3次元エレクトレットの創成

真空紫外線(波長200nm以下)による光イオン化を用いた新しい荷電法(Honzumi et al., 2011)

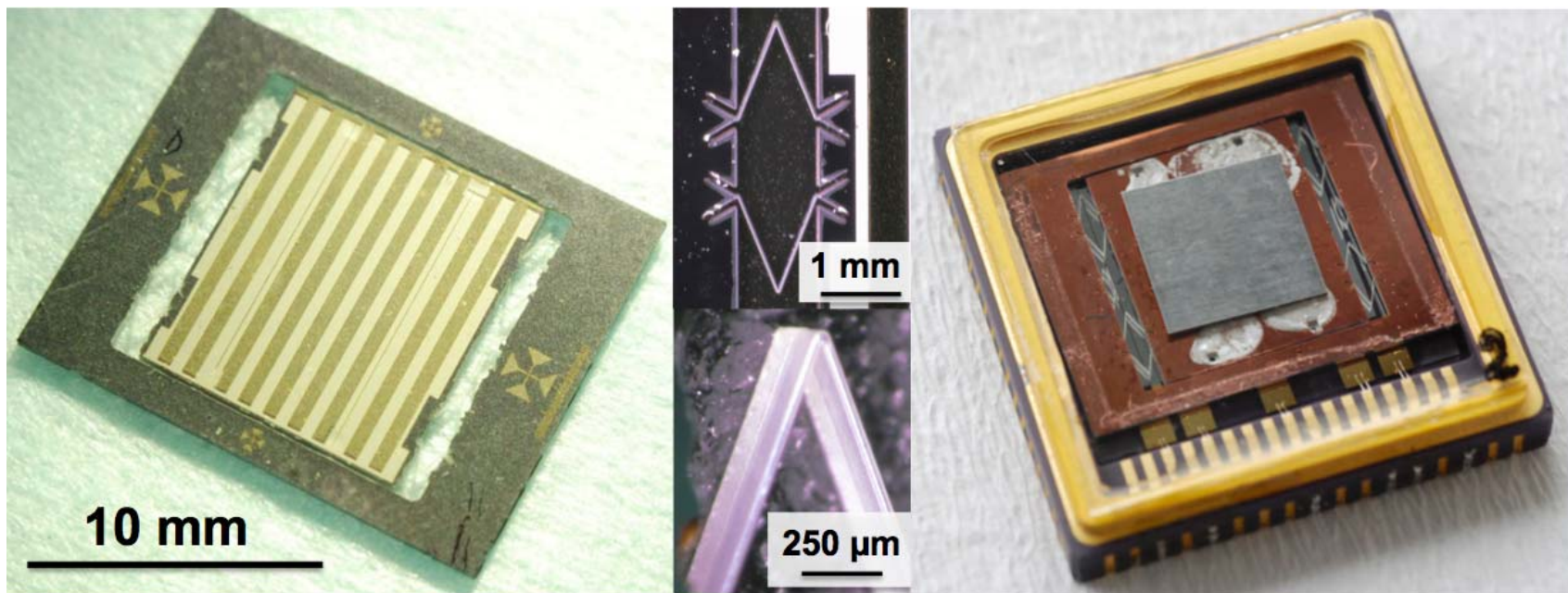


高速かつ安定な荷電技術の開発

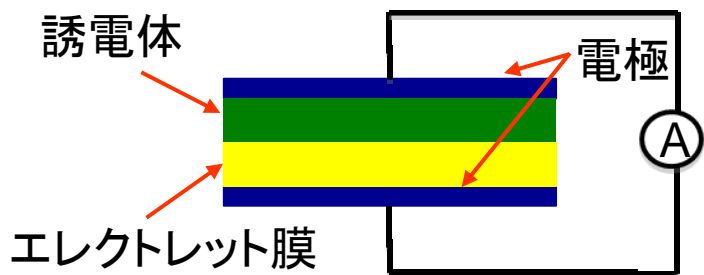


$$\theta_s = (158.6 \pm 2.3)^\circ$$

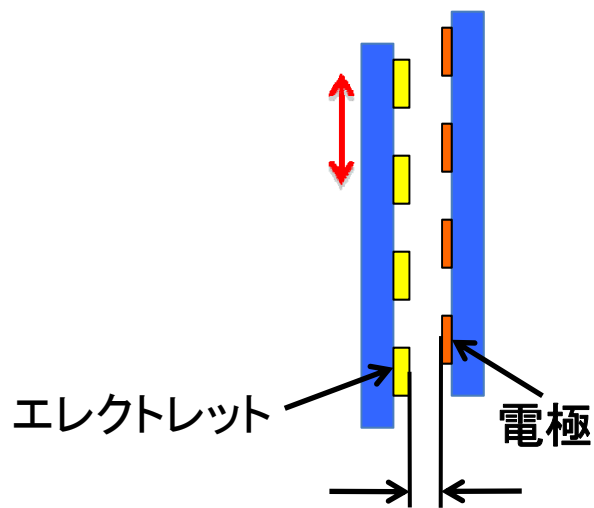
エレクトレットを用いた環境振動・熱発電デバイス



環境振動からの発電に用いるMEMSエレクトレット発電器プロトタイプ (Matsumoto et al., 2011)



非定常温度差から発電する静電誘導発電の原理図 (鹿島・鈴木, 2011)



高体積効率の波力発電の原理図